

trépanos de filos en forma de cruz; se emplea muchas veces para cortar los cantos de sílice que se encuentran en las terrenos cretosos una campana cilíndrica hueca de bordes cortantes y acerados que obran por percusión.

En los terrenos quebradizos y tiernos se suelen usar algunas veces instrumentos que obran por rotación y que sirven al mismo tiempo para mostrar las materias disgregadas; estas herramientas se llaman taladros, y son barrenas colosales. En las arcillas se suprime la punta; el taladro así modificado se conoce con el nombre de taladro de arcilla. Finalmente, en las arenas poco agregadas se reemplazan muchas veces la punta del taladro ordinario por un trépano acanalado, destinado á desagregar la arena que el taladro saca á la superficie bajo la forma de una zanahoria.

Se acostumbra á usar para ensanchar los agujeros, cuando no pueden ser formados de tubos, un instrumento que se compone de un cilindro de diámetro un poco más pequeño que el del orificio y sobre el contorno del cual se fija en el plano que pasa por su eje cuatro ó más hojas de filo acerado. Para pulir ó labrar á escuadra los agujeros, cuando esto es necesario, M. Degoussée emplea comunmente un instrumento que consiste en una fuerte varilla de hierro, sobre la cual están fijos dos discos reunidos entre sí por cuatro barras cuadradas de hierro acerado que son bombeadas y atacan las paredes del agujero por sus aristas: este instrumento obra por rotación.

Se usa para la limpieza de los orificios unos taladros, ó las más veces cilindros con válvulas de llave, ó una varilla que se suspende tan pronto al extremo de las varillas de las sondas, ó casi siempre á la extremidad de una cuerda.

Los útiles que sirven para el manejo de las sondas son: la *llave de detención*, que se coloca debajo de la parte más gruesa de la varilla, y que sirve para mantener la sonda suspendida en el agujero; el *pie de buey* ó *llave de suspensión*, que abraza igualmente la línea de varillas bajo un espaldar que sirve para suspender la varilla del cable de la máquina, y la *vuelta á la izquierda*, de la misma forma que la llave de suspensión, que se emplea para quitar las ensambladuras de las varillas.

Los útiles destinados á sacar del fondo del agujero las partes separadas por la sonda llevan el nombre de útiles enganchadores, son el caracol, el tirabuzón, la campana de tornillo y los atascadores de piezas con ó sin resortes; el caracol sirve para coger una varilla rota por la parte superior de un collar y para traerla á la superficie con la porción de la sonda unida á esta varilla. Los tirabuzones que tienen comunmente la forma de los sacatrapos empleados para descargar las armas de fuego, no se emplean mas que para retirar la cuerda del cilindro de válvula, cuando éste se rompe y queda una parte dentro del agujero. La campana de tuerca es cónica y lleva interiormente un tornillo triangular de acero templado, destinado á morder en la cabeza de la varilla que se quedó en el orificio y que no se puede agarrar con el caracol, porque la rotura haya tenido lugar á grande distancia del nudo de unión. El *enganchador de pinzas* más eficaz es el de *Kind*, que reemplaza con ventaja la campana de tuerca. Se compone de un fuerte anillo de hierro, agujereado en el interior en forma de embudo y unido á una horquilla cuyas dos ramas se reúnen en la parte superior á una varilla cuadrada, por la que puede correr un tarugo del cual cuelgan otras dos varillas laterales que forman las pinzas y cuyos extremos inferiores están reunidos por un anillo. Estas pinzas están dentadas y aceradas interiormente, aproximándose y metiéndose en el interior del anillo cuando desciende el tarugo superior. Para servirse de este enganchador se le lleva á la parte baja de la línea de las varillas, se hace subir el tarugo

hasta tropezar con un clavo, se separan con las manos las patas de las pinzas y se las mantiene separadas metiendo entre sus dientes un pedacito de madera; se baja luego la sonda y cuando el anillo inferior coge la parte superior de la pieza rota penetra entre las patas, quita el pedacito de madera empujándolo y desciende la pinza por su propio peso hasta que las patas cogen la pieza, la comprimen con sus dientes y la sujetan contra el anillo. Cuando se levanta enseguida la sonda, las patas de las pinzas sujetan aún con mayor fuerza la pieza rota y la sacan al exterior. Una especie de caracol fijo bajo el anillo sirve para conducir á la posición vertical y en el eje del agujero la varilla que hay que cubrir con dicho anillo.

MÁQUINA MOTRIZ. Se coloca primero en el suelo un madero fuerte, en el que se ha practicado un agujero circular de un diámetro algo superior al de los trépanos, que sirve para impedir los desprendimientos superficiales. Se atraviesa después la tierra vegetal y las arcillas, si las hay, con un taladro de mano, teniendo cuidado de mantener el instrumento bien vertical, lo que se hace algunas veces dirigiéndole por medio de un árbol horadado, de 1 á 2 metros de longitud, que se planta en el suelo. Otras veces se atraviesa la tierra vegetal por un pozo de un diámetro bastante grande, en el fondo del cual se comienza el sondeo. Esta disposición se recomienda sobre todo para las perforaciones que deben llegar á una profundidad considerable, porque activa mucho la unión y desunión de las varillas, aumentando de hecho hasta la altura del pozo la altura de la máquina que sirve para esta maniobra. Una vez que se llegue á la roca dura se sustituye al taladro un trépano simple de bisel, más ó menos obtuso, que se levanta á mano y se le hace golpear, haciéndole dar cada vez $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{6}$ de vuelta, y echando agua en el orificio, cuando está seco, para refrescar los instrumentos é impedirlos que se destemplan. Cuando se llega á una profundidad de 8 á 10 metros es necesario recurrir á una máquina para levantar la sonda.

La *fig. 28* da la elevación de una máquina de cuatro montantes, de una sencillez notable y de muy fácil maniobra, empleada por el ingeniero alemán Kind en los sondeos á profundidades medianas de 80 metros lo más: *aa* son los montantes de la máquina, fijos por su parte inferior á las plantillas *bb* cubiertos en su parte superior por las piezas *cc* y consolidadas en el intervalo por las travesaños *dd*, en los que se colocan algunas planchas que sirven para facilitar el enganche de las varillas á una altura cualquiera; en una cabria se arrollan dos cuerdas, de las cuales una sirve para bajar y subir la sonda, y la otra para la maniobra del cilindro de válvula; hasta una profundidad de 30 metros, se hace mover la cabria con dos manubrios; á mayor profundidad se la hace girar obrando sobre las extremidades de las palancas *ii*; en la parte superior de la máquina se halla la polea de retorno *k*, por la que pasa la cuerda que sirve para levantar la sonda. Para orificios de 10 á 20 metros se hace uso de la misma cuerda para levantar la sonda y manejar el cilindro de válvula; para orificios más profundos, se emplean dos cuerdas distintas; la cuerda que sirve para bajar el cilindro pasa por una polea de retorno colocada en la parte superior de la máquina, y se maneja, según los casos, ya á mano, ya por medio de la cabria ó ya con ayuda de una cabria especial.

La palanca de percusión *mm* puede girar alrededor de un eje de hierro que atraviesa los postes *nn*; se suspende la cabeza de la sonda, con una cadena de hierro, á un gancho fijo á una de las extremidades de la palanca de percusión, en tanto que al otro extremo, en *p*, se adapta una barra transversal sobre la que obran los operarios para levantar la sonda; cuando ésta vuelve á caer en seguida por su propio peso, la excursión de la palanca *m* es

menor, por que su estremidad *p* viene á chocar con la estremidad de una percha elástica de madera *r*, fija sólidamente entre los montantes *s s* haciendo de resorte. Esta disposicion tiene sobre todo por objeto disminuir mucho la sacudida de las varillas, y por consiguiente prevenir en gran parte el deterioro de las paredes del orificio y las frecuentes roturas de las varillas que de aquellas resultan; muchas veces tambien, se facilita el golpeo de la sonda equilibrando una parte de su peso, cuando la profundidad es ya considerable, añadiendo un contrapeso que se coloca hácia la estremidad *p* de la palanca de percusion.

Salvo las dimensiones, puede servir cómodamente, con algunas ligeras modificaciones, la máquina anterior para la perforacion á grandes profundidades. Se hace mover por medio de una rueda dentada, provista de un freno, la cabria que sirve para bajar y subir la sonda; una cabria pequeña, por separado, sirve de cilindro de válvula para limpiar el orificio. La palanca de percusion es movida tan pronto á mano, tan pronto levantada por unas *levas* puestas en movimiento, ya con una cabria aparte, ya con la rueda dentada anteriormente descrita; la mejor disposicion que puede adoptarse para estos excéntricos, es formarlos de un cierto número de rodillos movibles sobre sus ejes y ajustados entre dos discos paralelos dispuestos como los de una linterna.

MANIOBRA DE LA SONDA. El ataque del terreno se hace, como hemos dicho, por medio de trépanos ó de taladros; con los trépanos, que sólo se emplean en los terrenos duros y resistentes, se abren las rocas con un movimiento de percusion, que consiste en levantar el instrumento y toda la sonda á una altura variable desde 0^m.15 hasta 0^m.70, segun los casos, y dejarla volver á caer al mismo tiempo que se hace girar un poco la sonda sobre un eje; con los taladros se deja caer la sonda con todo su peso sobre el fondo del agujero y se mueve rodándola, imprimiendo á la varilla un movimiento de rotacion continuo. Los agujeros abiertos por percusion se conservan, en general, mucho mejor en la vertical que en los orificios abiertos por rotacion; además el golpeamiento con instrumentos apropiados á la naturaleza de la roca avanza con más velocidad que la rotacion y da lugar á menos accidentes; ésta fatiga mucho por torsion la varilla de la sonda, en tanto que el golpeamiento no da lugar sino á una sacudida ó vibracion de las varillas cuando el choque, sacudida que se ha hecho desaparecer con correderas que hacen el instrumento y una pequeña porcion de la sonda, colocada encima, independientes de la línea superior de las varillas.

Cuando los instrumentos ó el agujero se llenan de materiales, es necesario levantar la sonda: se la suspende, con este objeto, por medio de un pié de buey ó llave de suspension á la estremidad del cable de la máquina; obrando sobre la cabria ó la rueda dentada se levanta la sonda de modo que salgan del orificio tantos nudos de union como sea posible; se coloca entonces una llave de retencion debajo del saliente del nudo inferior, se desvia la parte de la varilla fuera del agujero, se hace descender en seguida la llave de suspension, tirando del cable y asiendo de nuevo la sonda por encima de la llave de retencion y por debajo de la union del mango, se levanta otra longitud de sonda igual á la primera, que se separa lo mismo, y así sucesivamente; el descenso de la sonda se hace repitiendo la manobra anterior en sentido inverso.

Cuando la perforacion se ejecuta haciendo girar un taladro, éste sube casi siempre lleno de materiales que forman en su interior una *zanahoria* compacta, que se deshace con un rascador, y se vuelve á hacer bajar el instrumento por el agujero. Cuando, por el contrario, se ha perforado golpeando por medio de un trépano cualquiera, se remonta la sonda como

anteriormente hemos dicho; despues se procede á la limpieza del orificio, sea con un taladro, sea con un cilindro de válvula: el taladro más ó menos cerrado no puede emplearse sino cuando los pedazos de roca son susceptibles de formar una pasta de alguna consistencia con el agua de que está lleno el agujero hasta una gran altura. El cilindro de válvula puede ser empleado en todos casos; se le hace bajar en el orificio vaciándole algunas veces á la estremidad de la línea de las varillas, y más comunmente suspendiéndola al extremo de un cable que se arrolla en una cabria; se llena imprimiéndole un movimiento de oscilacion ó de campana en medio de los materiales diluidos en agua que llenan la parte inferior del orificio.

Es de todo punto indispensable que el capataz encargado de la direccion del sondaje coloque muestras de las tierras extraidas de diversas profundidades en casillas numeradas, y que inscriba, en un diario de sondaje llevado con el mayor cuidado, la naturaleza del terreno reconocido, con referencia á las muestras del casillero, así como las menores circunstancias de la operacion.

Para los sondajes de 0^m.08 á 0^m.10 de diámetro, con la sonda que acabamos de describir se necesitan de 3 á 8 operarios, segun las profundidades, entre 0 y 100 metros; pasando de esto no se aumenta mucho el número de obreros, pero se va más despacio.

REVESTIMIENTO DE LOS ORIFICIOS. La naturaleza más ó menos propensa á hundimientos de una parte de los terrenos que atraviesa un agujero de sonda, obliga generalmente á sostener sus paredes en todo ó en parte por medio de tubos de retencion. En los orificios de sonda poco profundos y de poco diámetro, destinados solamente á la exploracion del subsuelo, hasta engredar los agujeros, es decir, consolidar sus paredes con una capa de greda; el mejor engredamiento se efectúa retirando la sonda, llenando el agujero, hasta el extremo de la capa suelta, con greda en pasta muy consistente, apretándola con un mazo y perforando despues la greda así comprimida con un taladro.

Los tubos de retencion se hacen casi siempre de hierro forjado, dándoles un diámetro exterior algo más pequeño que el del agujero, y aunque ordinariamente se introducen haciéndoles girar, se les da un espesor bastante para facilitar sin temor su introduccion por ligeros martillazos en su parte superior. Mr. Degoussée les da 0^m.005 de espesor por un diámetro de 0^m.33; 0^m.003 por 0^m.25; 0^m.002 por 0^m.15; cada extremo del tubo tiene unos 2 metros de longitud; su soldadura longitudinal está formada con remaches de hierro dulce, separados de 0^m.04 á 0^m.05, cuyas cabezas son redondas y aplastadas en forma de gotas de sebo interior y exteriormente. Se unen estos extremos por medio de manguitos de palastro y pequeños pernos de cabeza chata, se fija primero el manguito en el tubo inferior, se levanta en seguida el tubo superior por medio del cable de la máquina, se le deja bajar hasta el manguito y se le hace girar hasta que los agujeros del tubo correspondan á los del manguito; se bajan sucesivamente los pernos al tubo, suspendiéndolos por medio de un bramante por el gancho colocado en su estremidad, se reunen estos bramantes con pequeños ganchos encorvados y se pasan por los agujeros correspondientes del manguito y el tubo, se hacen entrar los pernos en estos agujeros ajustando entonces las tuercas, que se aprietan todo lo que se pueda, se corta con la sierra la parte de perno que sobresale de la tuerca, y se remacha.

Llegada la línea de tubos al fondo del agujero, se continúa la perforacion con un diámetro 0^m.02 menor que el diámetro interior de los tubos. Cuando se encuentran á una profundidad más considerable nuevos bancos que pueden hundirse, se procede á una nue-

va entubacion con tubos de ménos diámetro, ó se alarga el agujero para continuar la columna de tubos de retencion. Este último procedimiento se emplea principalmente cuando las capas sólidas que separan los bancos que pueden hundirse tienen un espesor poco considerable. Los instrumentos alargadores que se emplean en este caso obran ya por rotacion, ya por percusion; los primeros se componen de un cilindro con escotaduras, en las que están colocadas unas hojas ó piezas dentadas movibles al rededor de un eje, que se abren de forma que atacan el terreno cuando se hace girar el instrumento en un sentido y que se cierran cuando se le hace girar en sentido contrario para retirarla. Los instrumentos alargadores de percusion son de formas muy variadas: están provistos generalmente de resortes que abren sus ramas cuando llegan más abajo de la columna de tubos; los ensanchamientos practicados en estas ramas sobre los cortes, oprimen las paredes del tubo y obligan al instrumento á cerrarse cuando se le quiere hacer subir.

Cuando se prevé que los gastos de ensanchamiento serian demasiado considerables, ó cuando la presion del terreno sobre la superficie exterior de los tubos no permite introducir más profundamente la primera línea de tubos de retencion, hay necesidad de introducir otra de menor diámetro. Las más veces se da á esta segunda columna la profundidad total del agujero, de suerte que se halle recubierta sobre la primera línea de tubos; la colocacion de esta segunda columna se hace entonces absolutamente como la de la primera y no ofrece nada de particular; suelen usarse á veces columnas sueltas que no se elevan hasta el orificio del agujero de la sonda. Ordinariamente se termina esta columna, en la parte superior, por un tubo más fuerte, provisto de una tuerca interior, en la que engrana un tapon de tornillo que se fija á la extremidad de las varillas de las sondas y sirve para bajar la columna. No pudiendo prolongarse esta columna por la parte superior es preciso darle desde luego la longitud aproximada que debe tener. Para hacer pasar por el terreno á la columna suelta cuando se profundiza el agujero, se fija á la extremidad de las varillas un tapon de madera que penetra hasta cierta altura en el interior de los tubos y que está provisto de un reborde más ancho, con el que se apoya sobre su contorno superior; este reborde hace el efecto de un martillo y sirve para hundir por percusion la columna de tubos. Si el terreno continúa amenazando derrumbarse despues que se ha introducido la columna suelta tanto como su longitud lo haya permitido, es preciso recurrir á una tubería nueva de menor diámetro, ó extraer la columna demasiado corta que no se puede alargar estando colocada.

Para retirar la columna de tubos de retencion, Mr. d'Alberti ha empleado con éxito el medio siguiente: se hace bajar en la extremidad de las varillas de la sonda un tapon cónico truncado, vuelta la punta hácia arriba y cuya base mayor tiene un diámetro algo más pequeño que el de la columna de tubos que se va á extraer; se baja en seguida, desde encima, por medio de una cuerda un manguito de dovelas de madera, sostenidas en la parte superior por uno ó dos círculos de hierro, terminados interiormente por abajo en bisel, de manera que hagan cuña; de aquí resulta una adherencia muy fuerte cuando se trata de subir el tapon, y generalmente bastante para arrastrar la columna. Si no se puede conseguir esto es fácil siempre desprender el instrumento dejando bajar el tapon, mientras se retiene el manguito por medio de las cuerdas que han servido para bajarlo.

Citaremos todavía un arrastra-tubos tan sencillo como ingenioso, basado en el mismo principio que el anterior y debido á Kind: consiste en un trozo de madera de 0^m. 30 á 0^m. 60 ensanchado en su centro en forma de lanzadera, fuertemente cercado en sus dos extremida-

des y atravesado por una varilla que se junta á la extremidad de las de la sonda. Se le hace bajar hasta el fondo de la columna de tubos que se va á extraer, despues se echa en el agujero un cesto de grava de grano grueso, que colocándose entre el tubo y la parte superior de la lanzadera, forman cuñas, cuando se levanta la sonda, entre la madera y los tubos que son entonces atraídos. Si se trata de una columna suelta, se coloca en la lanzadera, antes de introducirla en el agujero de la sonda, un tubo de palastro de 2 metros de largo, provisto de una asa por la que se pasa una cuerda, y lleno de grava. Llegado á la profundidad á que se quiere asir la columna, se levanta con la cuerda dicho tubo de palastro, y la grava que contenia viene á colocarse como anteriormente entre la lanzadera y la columna de tubos que se ha de extraer. Cuando esta última no cede bajo un esfuerzo menor que el que la línea de varillas puede soportar sin romperse, se desprende fácilmente la lanzadera dejándola descender hasta más abajo de la columna donde se hallan casi siempre algunas cavidades ó partes más anchas por las que se derrama la grava.

PERFECCIONAMIENTOS. SONDAJE CON VARILLAS RÍGIDAS. En el sondaje tal como le acabamos de describir, los gastos y dificultades de todo género crecen rápidamente con la profundidad; las causas principales que producen estos efectos son tres, el tiempo ó considerable que se emplea para la extraccion y el descenso de la sonda, el enorme peso de las varillas y el sacudimiento de éstas contra las paredes del orificio, cuando se obra golpeando, sacudimiento tanto más sensible cuanto mayor es la longitud de las varillas y que produce por una parte el deterioro de las paredes del orificio de sonda y aun desprendimientos y frecuentes roturas de varillas.

Para prevenir tan desastrosos efectos de la sacudida de las varillas, se imaginó dividir la línea de las varillas en dos partes casi independientes por la interposicion de una corredera. Hay dos partes de la varilla no solidarias, aunque la rotacion de la una puede transmitirse á la otra cuando en el golpeamiento, el instrumento que lleva la parte inferior viene á herir el fondo de agujero, la parte superior queda suspendida al cable de la máquina y continúa descendiendo deslizando á lo largo de la corredera, sin participar de las vibraciones producidas por el choque en la parte inferior; no es necesario decir que la elevacion del golpeamiento debe de ser siempre menor que la longitud de la corredera. La parte superior de las varillas no tiene, pues, otro objeto que levantar la parte inferior, é imprimirle el movimiento de rotacion durante la maniobra del golpeamiento. Se sostiene ó contrabalancea la parte superior de las varillas por medio de un contrapeso ó de un resorte de choque de madera; esta division de la varilla en dos partes, de funciones esencialmente distintas, ha permitido realizar un nuevo perfeccionamiento muy importante, que consiste en disminuir la longitud de la parte inferior de la sonda, que es la que funciona, aumentando el peso del instrumento y la seccion de las varillas, y por otra formar la parte superior con largas varillas que pesan algo ménos que el volumen de agua que desalojan en el agujero, de suerte que el peso que han de levantar los operarios no aumenta con la profundidad de dicho agujero; de aquí se sigue que no hay necesidad de aumentar el número de operarios con la profundidad.

Se ha imaginado reemplazar la corredera que acabamos de describir por una especie de movimiento de martinete mucho más perfecto, representado en la figura 29. El trépano colocado á la extremidad de la sonda se atornilla al extremo de la varilla *D* terminada en su parte superior por una pieza *A*, la que está comprimida y puede deslizarse entre dos planchas *pp* (no se vé más que una en la figura, habiéndose quitado la plancha anterior